



TMMOB ELEKTRİK MÜHENDİSLERİ ODASI

BİLGİ BELGE MERKEZİ(BBM)

Döküman Bilgileri

EMO BBM Yayın Kodu	: 6
Tanıtım Yazısının Adı	: Endüstriyel Şebekelerde Harmonikler
Tanıtım Yazısının Tarihi	: 01/01/2004
Yayın Dili	: Türkçe
Tanıtım Yazısının Konusu	: Endüstriyel Şebekelerde Harmonikler, Schneider çözümleri
Tanıtım Yazısının Kaynağı	: 3E Electrotech Dergisi, Sayı 116, Ocak 2004
Anahtar Kelimeler	: harmonikler, endüstriyel şebekelerde harmonikler
Yazar 1	: Schneider Elektrik

Açıklama

Bu doküman Elektrik Mühendisleri Odası tarafından açık arşiv niteliğinde olarak bilginin paylaşımı ve aktarımı amacı ile eklenmiştir.

Odamız üyeleri kendilerine ait her türlü çalışmayı EMOP/Üye alanında bulunan veri giriş formu aracılığı ile bilgi belge merkezinde yer almاسını sağlayabileceklerdir. Ayrıca diğer kişiler çalışmalarını e-posta (bbm@emo.org.tr) yolu ile göndererek de bu işlemin gerçekleşmesini sağlayabileceklerdir. Herhangi bir dergide yayınlanmış akademik çalışmaların dergideki formatı ile aynen yer almaması koşulu ile telif hakları ihlali söz konusu değildir.

Elektrik Mühendisleri Odası Bilgi Belge Merkezi'nde yer alan tüm bilgilerden kaynağı gösterilerek yararlanılabilir.

Bilgi Belge Merkezi'nde bulunan çalışmalardan yararlanıldığından, kullanan kişinin kaynak göstermesi etik açısından gerekli ve zorunludur. Kaynak gösterilmesinde kullanılan çalışmanın adı ve yazarıyla birlikte belgenin URL adresi (http://bbm.emo.org.tr/genel/katalog_detay.php?katalog=5&kayit=6) verilmelidir.

Schneider Elektrik AG Kompanzasyon Çözümleri

Endüstriyel Şebekelerde Harmonikler

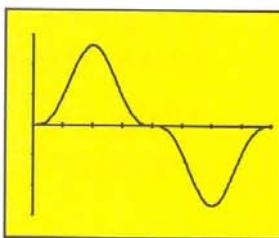
Schneider Elektrik

Günümüzde endüstriyel sektörde güç elektroniği devreleri içeren elektrik cihazlarının kullanımı hızla artmaktadır. Lineer olmayan yükler olarak adlandırılan elektronik hız kontrol cihazları, ark fırınları, tristör kontrollü doğrultucular (redresörler), kaynak makinaları, statik konvertörler (UPS), flüoresan lambalar vb... cihazlar, harmonik üreterek gerilim ve akımın dalga şemlinin bozulmasına, elektrik şebekesinin kirlenmesine ve sisteme gereksiz açmala sebep olurlar.

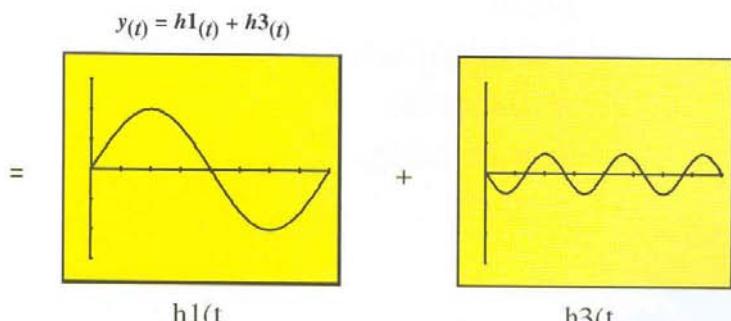
Harmonik dalga oluşumu

Herhangi bir dalga şecline sahip

Örnek: 3.Harmonik Oluşumu



v(t)

$$y(t) = h1(t) + h3(t)$$


The diagram shows the mathematical equation $y(t) = h1(t) + h3(t)$. To the left of the equation is a graph of the total voltage $v(t)$, which is a distorted sine wave. An equals sign follows the equation. To the right of the equals sign are two separate graphs: one for the fundamental component $h1(t)$ (a standard sine wave) and one for the third harmonic component $h3(t)$ (a smaller sine wave with three times the frequency of the fundamental). A plus sign is placed between the two component graphs.

h1(t)

h3(t)

"f" frekanslı periyodik bir sinyal, aşağıdaki bileşenlerin toplamından oluşur:

p f frekanslı sinüzoidal bileşen;
TEMEL HARMONİK (h1)

p frekansları, temel harmonik frekansının katları olan sinüzoidal bileşenler;

HARMONİKLER (hn).

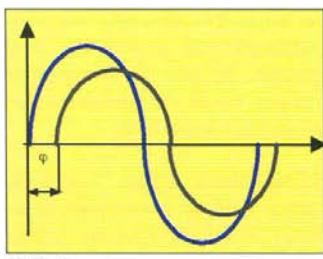
Yük çeşitleri

Elektrik sistemlerindeki yükleri, lineer ve lineer olmayan yükler olarak 2 farklı grupta toplayabiliyoruz. Şebekedeki harmonik kiriliği, sistemdeki lineer olmayan

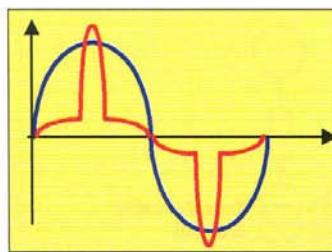
yüklerin neden olduğu bir durumdur. Lineer olan ve olmayan yüklerin akım ve gerilime bağlı olarak tanımlamak gerekirse;

Lineer yükler, akım dalga şecli, besleme gerilimi dalga şecli ile aynı formda olan yüklerdir; dirençler, endüktanslar ve kondansatörler. Harmonik üretmezler. (Bkz. Şekil-1)

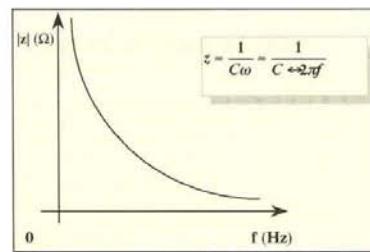
Lineer olmayan yükler, akım dalga şecli, besleme gerilimi dalga şeklinden farklı olan yüklerdir; elektronik hız kontrol cihazları, ark fırınları, tristör kontrollü doğrultucular (redresörler), kaynak makinaları, statik konvertör-



Sekil -1



Sekil -2



Sekil -3

ler (UPS), flüoresan lambalar vb... cihazlar. (Bkz. Şekil-2)

Harmonik Sıralama

Simetrik 3 fazlı güç sistemlerinde harmonikler genellikle tekli rakkamlardan oluşur;

3, 5, 7, 9,...n. Bu rakamlar harmoniklerin sıralamasını belirler. Harmonik sıralama (n), bir harmonik dalganın frekansını belirleyen çarpandır. Harmonik bilesenlerin frekansları, temel harmonik frekansının katları şeklinde dir.

Örnek: Temel harmonik frekansı 50 Hz olduğunda, harmonik sıralaması n:5 olan dalganın frekansı:

$$5 \times 50 = 250 \text{ Hz.'dir.}$$

Harmoniklerde sıralama değeri yükseldikçe genlik değeri düşer.

Harmoniklerin Etkileri

Sistemde harmoniklerin oluşmasıyla birlikte efektif akım değeri de artar.

$$IRMS = \sqrt{I1^2 + I2^2 + \dots + In^2}$$

Artan akım ile birlikte sistemdeki kablolarla, transformatör sar-

galarında ve elektrik makinaları sargılarında ısınma gözlenir. Transformatörlerde efektif akım değişeriyle değişen bakır kayiplarında (**P Cu = Ieff² x R**) ve frekans değerine bağlı olarak değişen, Hysteresis (**P hysteresis = K' x f**) ve Foucault (**P foucault = K x f'**) kayiplarının toplamından oluşan, demir kayiplarında artış görülür.

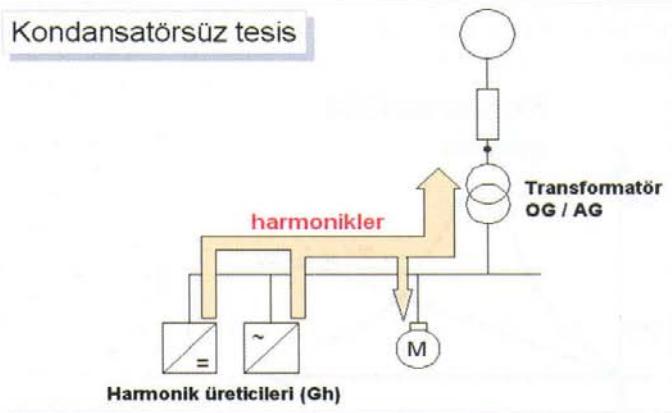
Elektrik makinalarında kayipların artmasıyla birlikte çıkış değerlerinde düşme ve sonucunda verimlilikte azalma gözlenir. Sargıların ısınmasıyla birlikte aynı zamanda malzeme tahrıbatı ugur ve servis ömrü kısalır.

Harmoniklerin kondansatörler üzerindeki etkileri

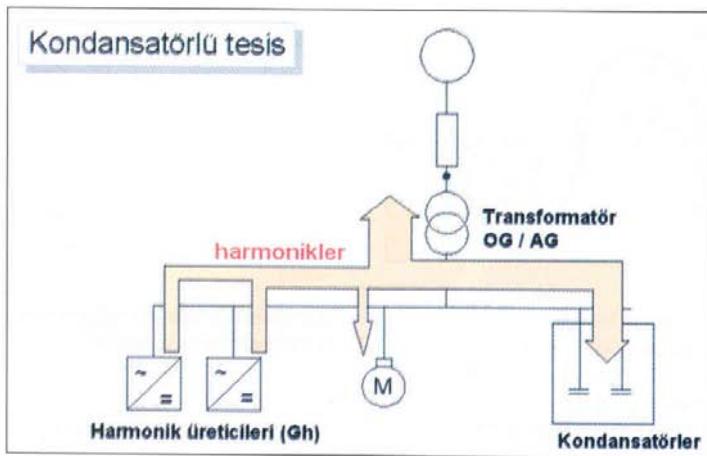
Kondansatörler şebekedeki harmoniklerden en çok etkilenen elemanlardır. Kondansatörün kapasitif direnci frekans arttıkça azalır. (Bkz. Şekil-3)

Pratikte bunun anlamı ise küçük bir harmonik gerilimin varlığı, kondansatörün büyük bir akım çekerek aşırı yüklenmesine ve sonucunda sistemde var olan harmoniklerin artmasına sebep olmasıdır. Oluşan yüksek akım, kondansatörlerin ısınmasına ve dielektrik kayiplara sebep olur ki sonuç olarak kompansasyon

Kondansatörsüz tesis



Sekil -4



Şekil-5

sisteminde hata oluşması kaçınılmazdır. Bu durumda harmoniklerin kondansatörler üzerine etkisi mutlaka gözönünde bulundurularak kompansasyon sistemi tasarlanmalıdır.

Kondansatörlü ve kondansatör-süz sistem şemalarına bakacak olursak:

Harmonik içeren şebekede kompansasyon öncesi harmonik üretici yüklerin oluşturduğu harmonik akımların çoğu, transformator üzerine yönelir, az bir

kısı ise yük seviyesinde belirir (Bkz Şekil-4). Şebekenin empedans – frekans değişimi lineer özelliktedir (Bkz. Şekil-6).

Kompansasyon sisteminde yalnız kondansatörlerin kullanıldığı tesislerde ise kondansatörlerin direncinin düşük olması nedeniyle harmonik akımların çoğu kondansatörler üzerine yönelir (Bkz. Şekil-5). Aşırı yüklenen kondansatörlerde ısınma, tahribat ve sonucunda yaşanan kaçınılmazdır. Kondansatörler lineer yük olduklarıdan harmonik üretmezler ancak şebekede var olan harmoniklerin genliklerini artırırlar. Endüktif karakteristikteki şebekeye paralel bağlanan kondansatörler, paralel rezonansa sebep olurlar (Bkz. Şekil-6). Bu durumda rezonans frekansında empedans artışı görülür

ve böylelikle sistemde var olan harmoniklerin genliğinde artış görülür. Şebekede genliği yüksek harmonik akımların iletilmesi söz konusudur.

Sonuç olarak içinde harmonik üreten yüklerin bulunduğu tesislerde kompansasyonun yalnız standart kondansatörlerle yapılması, kondansatörlerde tahribat ve var olan harmoniklerin genliklerinde artış gibi istenmeyen ve sisteme oldukça zarar veren durumlara yol açmaktadır. Bu durumda harmoniklerin kondansatörler üzerine etkisi mutlaka gözönünde bulundurularak kompansasyon sistemi tasarlanmalıdır.

Harmonik içeren Şebekelerde Schneider Elektrik Kompansasyon Çözümleri

Harmoniklerin kondansatörler üzerindeki etkilerini dikkate alarak en uygun kompansasyon ürün tiplerini söyle sıralayabiliriz.

*Standart tip (400V)

*Güçlendirilmiş tip (470V-525V)

*Reaktörlü tip (Güçlendirilmiş tip kondansatörler ve reaktörler)

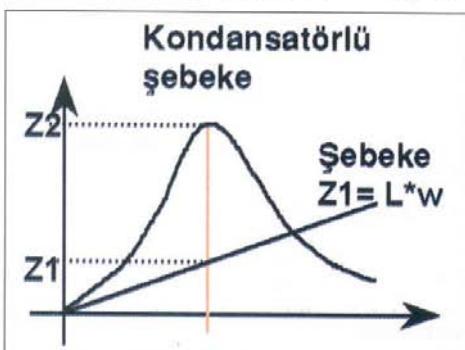
*Pasif filtreler

Şebekede harmonik bozulmanın derecesine göre çeşitli uygulamalar mevcuttur.

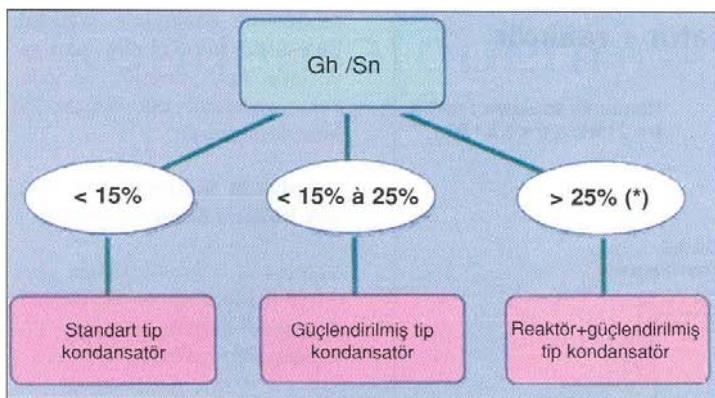
Gh/Sn oranı uygulama tipinin seçiminde kullanılır. (Bkz. Tablo-1)

Gh: Şebekedeki harmonik üreten yüklerin toplam görünen gücü (kVA)

Sn: Trafonun görünen gücü



Şekil-6



Tablo-1

Reaktörlü Tip Uygulamalar (Reaktör ve güçlendirilmiş tip kondansatörler)



*VARPLUS M Kondansatör
(470 V – 525 V)*



Reaktör

$\%25 < \text{Gh} / \text{Sn} < \%60$ olması durumunda, kondansatörleri harmoniklere karşı korumak, harmoniklerin artış riskini ortadan kaldırmak ve aynı zamanda kompanzasyonu sağlamak amacıyla bu tür uygulamaya ihtiyaç duyulur. Reaktörler rezonans frekansına ayarlıdır (ör: 215Hz, $n=4.3$). Böylece rezonans frekanslı harmonik akımlar absorbe edilir. L-C seri devresiyle seri rezonans oluşturularak rezonans frekansındaki ve üzerindeki frekans değerlerinin oluşturduğu harmonik spektrumda empedans artışı önlenir (Bkz. Şekil -

7). Şebekenin empedans – frekans eğrisi lineerliği korunur. Sonucunda empedans artışının sebep olduğu harmonik gerilimlerdeki genlik artışı engellenir. Böylece toplam harmonik bozulma da iyileşme sağlanır.

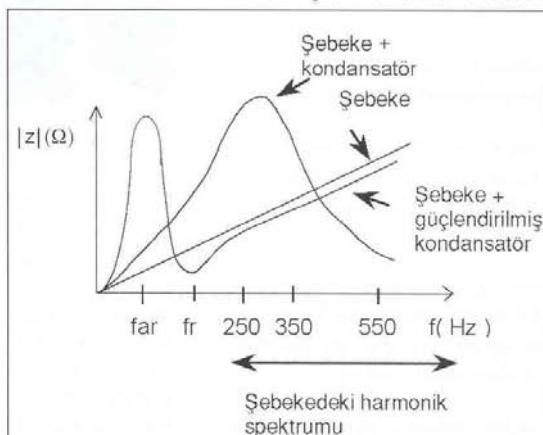
Güçlendirilmiş tiplerde, yalıtm kalınlığı artırılarak kondansatörlerin aşırı gerilim değerlerine dayanması sağlanır. Reaktörler her bir kondansatör kademesine seri olarak bağlanarak kondansatörlerin aşırı yüklenmesini öner.

Reaktörlü kompanzasyon uygulaması devre şeması ve harmonik akımlar Şekil-8'de gösterilmiştir.

Filtre uygulamaları

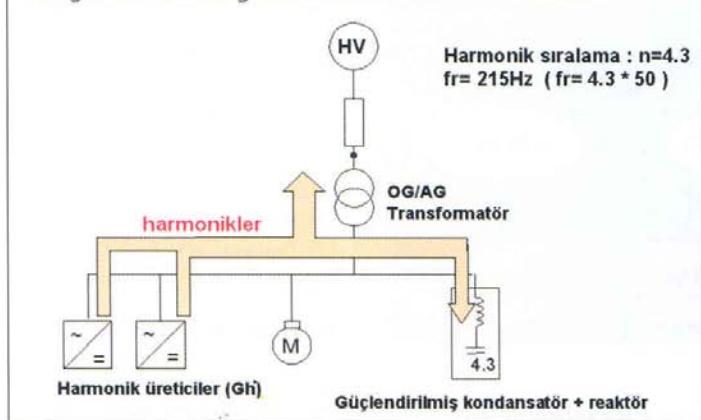
$\text{Gh} / \text{Sn} > \%60$ olduğunda, sisteme nötr kablosunda isınma, koruma cihazlarında gereksiz açmalar, elektronik kartlarda bozulmalar, uzaktan kumanda ve haberleşme sistemlerinde bozulmalar, titreşim ve normal olmayan gürültüler, kondansatörlerde veya transformatörlerde bozulmalar gibi mekanik arızalar saptanır. Bu durumda şebekedeki harmoniklerin tamamen yok edilmesi gereklidir.

Bu amaçla Schneider Elektrik



Şekil-7

Güçlendirilmiş kondansatör + reaktör



Sekil-8

çözümleri arasında pasif filtre, hibrid filtre ve aktif filtre çözümleri de yer almaktadır.

Schneider Elektrik Kompanzasyon Ürünleri

Schneider Elektrik AG kompansasyon ürünleri arasında VARPLUS M kondansatör serisi ve VARLOGIC reaktif güç kontrol rölesi serisi yer almaktadır.

VARPLUS M AG Kondansatörleri

Varplus M kondansatörleri az sayıda referans ile çok geniş sahali ihtiyaçları karşıyalabilmekte dir.

230V'dan 690V'a kadar, 5kVAr'dan 100kVAr'a kadar geniş gerilim ve güç aralıklarında çalışma imkanı sunar.

Güçlendirilmiş performansıyla Varplus M serisi 2 model içerir:

- Varplus M1 ; 5kVAr'dan 15 kVAr'a
- Varplus M2 ; 50 ve 60 kVAr

Modüler seri

Her 2 model de birbirleriyle tam uyumludur.



Varplus M1 Varplus M4

Farklı güç değerleri, Varplus M1 veya Varplus M4 kondansatörlerinin yalnız başına kullanılmasıyla, birkaç tane Varplus M1 kondansatörün birleştirilmesiyle ve bir Varplus M4 kondansatör ile bir veya birkaç tane Varplus M1 kondansatörün Varplus M1 Varplus M4 birleştirilmesiyle elde edilebilir.

Modülerlik özelliğinin sağladığı birleştirme konfigürasyonları sayesinde stok yönetimi ve gelecekte yapılacak güç değişimleri kolaylaştırılmıştır.

Varplus M Serisinde HQ Yüksek Kaliteli Koruma Sistemi

Varplus M teknolojisi gaza veya siviya daldırmaya ihtiyaç duymadan kendi kendini onaran polipropilen film temeline dayanır.

Herbir kondansatör elemanın içine toplam güvenliği sağlayan HQ yüksek kaliteli koruma sistemi yerleştirilmiştir (Bkz. Şekil-9)

HQ koruma sistemi kondansatörün ömrünün sonunda karşılaşılan iki tip hataya karşı koruma sağlar. Yüksek akımlı hatalara karşı koruma, HRC kartuş sigorta ile yapılır.

Düşük akımlı hatalara karşı koruma ise aşırı basınç ayırma sistemi ve HRC sigortanın kombinasyonu sayesinde yapılır.

Kondansatör elemanın içinde herhangi bir sebeple meydana gelebilecek hata basinci, izin verilen maksimum basınç değerinin çok altında sınırlandırılır.

Varplus M kondansatörlerinin plastik kutusu çift elektriksel yalıtmış sağlar.

Kullanılan plastik malzemeler hem mükemmel mekanik özelliklere hem de maksimum kendi kendini söndürme değerlerine (UL 94 5VA Sertifikası) sahiptir.

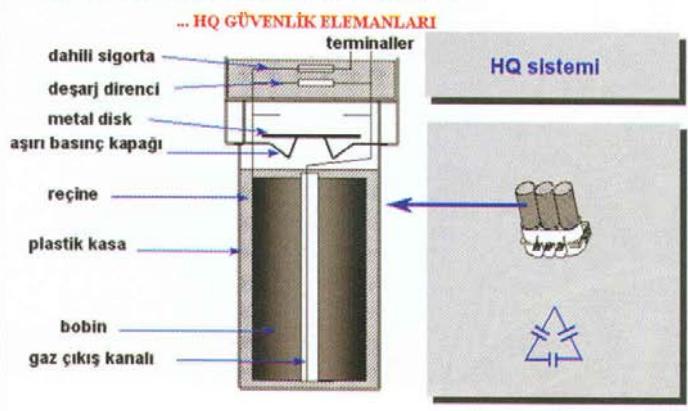
VARLOGIC Reaktif Güç Kontrol Röleleri

Reaktif güç kontrol röleleri, otomatik kompansasyon sisteminde reaktif güç ihtiyacına bağlı olarak kondansatörlerin devreye giriş çıkışlarını kontrol ve izleme amacıyla kullanılır.

Schneider Elektrik, 7 adet kademeli seçenekle birçok uygulamada kullanılabilen reaktif güç kontrol röleleri Varlogic serisini



A.G. KONDANSATÖRLER



Şekil-9

geliştirmiştir.

Bu seri 3 modelden oluşur;

- Varlogic R6, 6 adet fiziksel kondansatör kademesinin izlenmesini sağlar.
- Varlogic R12, 12 adet fiziksel kondansatör kademesini sağlar
- Varlogic RC12, 12 adet kademeli imkanıyla kompleks uygulamaları karşılama imkanı sağlar.

Varlogic serisiyle pano veya DIN raya montaj, faz-faz veya faz-nötr bağlantı imkanı sunulmuştur. Akım trafosu ve faz dönüş polaritelerine otomatik olarak uyum sağlama, C/K oranının otomatik aranması, bağlantı hatalarının ikazı, detaylı kullanım kılavuzu özellikleri rölelerde işletim kolaylığı sağlar.

Varlogic R6 ve R12 ile 8 , Varlo-

gic RC12 ile 12 farklı alarm ve herbirinde 3 farklı uyarı saptanabilir ve gösterilir.

Varlogic R6 ve R12 röleleri otomatik frekans saptanması, güç faktörü ve devredeki kademelerin gösterimi, alarm gösterimi, programlama ve işletim operasyonlarının görülmesi gibi gösterge, işletim ve programlama işlevlerini sunar.

Varlogic RC12 modeli ise bu işlevlere ek olarak ölçme modu sayesinde kondansatör bankası içindeki sıcaklık, her kademedeneki kapasite kaybı, kondansatörlerin aşırı yüklenmesi (Irms/In), toplam gerilim harmonik bozulma (%), ve aşırı gerilim gibi değerlerin ölçümleri ve kontrol işlevlerini gerçekleştirir.

12. kademeye çıkışı kullanılmaması durumunda, fan çıkışı olarak programlanabilir.